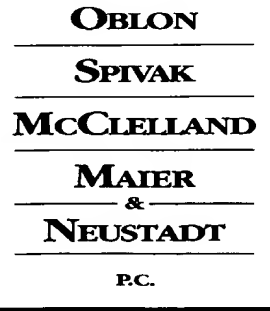


**DATE ALLOWED: September 22, 2004**

Docket No.: 202907US2SRD DIV

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313



ATTORNEYS AT LAW

ECKHARD H. KUESTERS  
(703) 413-3000  
EKUESTERS@OBLON.COM

PAUL A. SACHER  
(703) 413-3000  
PSACHER@OBLON.COM

RE: Application Serial No.: 09/778,097

Applicants: Hideki YOSHIOKA, et al.

Filing Date: February 7, 2001

For: ULTRASONIC PICTURE PROCESSING METHOD  
AND ULTRASONIC PICTURE PROCESSING  
APPARATUS

Group Art Unit: 2623

Examiner: S. A. Ahmed

SIR:

Attached hereto for filing are the following papers:

**PETITION FOR CONSIDERATION UNDER 37 CFR §1.181(a)(3)  
RE: INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT  
DATE-STAMPED FILING RECEIPT DATED FEBRUARY 7, 2001 (COPY)  
INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT FILED ON FEBRUARY 7, 2001 (COPY)  
FORM PTO 1449 FILED ON FEBRUARY 7, 2001 (COPY)  
2 FORMS PTO 892 FILED ON FEBRUARY 7, 2001 (COPIES)  
6 CITED REFERENCES PREVIOUSLY CITED**

Our check in the amount of \$0.00 is attached covering any required fees. In the event any variance exists between the amount enclosed and the Patent Office charges for filing the above-noted documents, including any fees required under 37 C.F.R. 1.136 for any necessary Extension of Time to make the filing of the attached documents timely, please charge or credit the difference to our Deposit Account No. 15-0030. Further, if these papers are not considered timely filed, then a petition is hereby made under 37 C.F.R. 1.136 for the necessary extension of time. A duplicate copy of this sheet is enclosed.

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Eckhard H. Kuesters

Registration No. 28,870

Customer Number

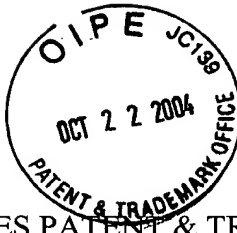
**22850**

(703) 413-3000 (phone)  
(703) 413-2220 (fax)

Paul A. Sacher

Registration No. 43,418

DOCKET NO: 202907US2SRD DIV



IN THE UNITED STATES PATENT & TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF

:

HIDEKI YOSHIOKA, ET AL.

: EXAMINER: S. A. AHMED

SERIAL NO: 09/778,097

: DATE ALLOWED: SEPTEMBER 22, 2004

FILED: FEBRUARY 7, 2001

: GROUP ART UNIT: 2623

FOR: ULTRASONIC PICTURE  
PROCESSING METHOD AND  
ULTRASONIC PICTURE PROCESSING  
APPARATUS

:

PETITION FOR CONSIDERATION UNDER 37 CFR §1.181(a)(3) RE:  
INFORMATION DISCLOSURE STATEMENT

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

This is a Petition pursuant to 37 CFR §1.181(a)(3) requesting that the Examiner be instructed by the Commissioner or his representative to notify Applicants of proper consideration of the information disclosure statement (IDS) that was filed on February 7, 2001.

STATEMENT OF FACTS

On February 7, 2001, Applicants filed the above-noted IDS under 37 CFR §§1.97 and 1.98, which filing is clearly documented by the attached copy of the associated date-stamped Mail Room receipt and copy of the IDS papers including the Forms PTO 1449 and 892 (2 sheets) and cited references (6). The PTO has not responded to this IDS filing by supplying Applicants with a copy of the Forms PTO 1449 and 892 (2 sheets) filed on February 7, 2001, that has been properly initialed by the Examiner.

Application No. 09/778,097  
Reply to Notice of Allowance of September 22, 2004  
Petition for Consideration Under 37 CFR §1.181(a)(3)

POINT FOR REVIEW

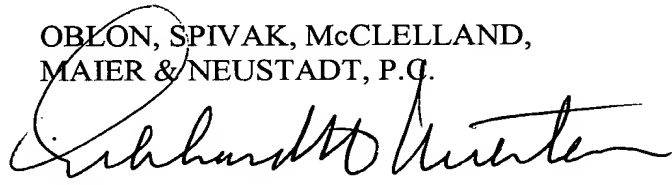
The point for review is why Applicants have not been provided a copy of the above-noted Forms PTO 1449 and 892 (2 sheets) filed on February 7, 2001, properly initialed by the Examiner in compliance with the rules.

ACTION REQUESTED

In light of the above, it is respectfully requested that the Examiner be directed to provide Applicants a copy of the above-noted Forms PTO 1449 and 892 filed on February 7, 2001, properly initialed by the Examiner in compliance with the rules.

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

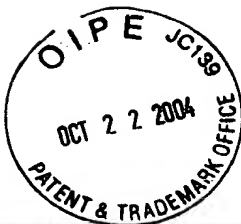


Eckhard H. Kuesters  
Attorney of Record  
Registration No. 28,870

Customer Number  
**22850**

Tel: (703) 413-3000  
Fax: (703) 413 -2220  
(OSMMN 06/04)

Paul A. Sacher  
Registration No. 43,418



Dept.: E/M

OSMM&N File No. 202907US-2SRD DIV

By: GJM/EHK:mlh

Serial No. NEW DIVISIONAL APPLICATION

In the matter of the Application of: HIDEKI YOSHIOKA ET AL

For: ULTRASONIC PICTURE PROCESSING METHOD AND...

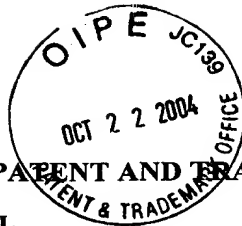
The following has been received in the U.S. Patent Office on the date stamped hereon:

- ☒ Copy of parent Specification (116 pgs.), Claims (39), & Formal Drawings (30 sheets)
- ☒ Check for \$1,190.00    ☒ Dep. Acct. Order Form
- ☒ Fee Transmittal Form
- ☒ Utility Patent Application Transmittal
- ☒ White Advance Serial Number Card
- ☒ Request For Priority
- ☒ Copy of Declaration (2 pg.)
- ☒ IDS/PTO Forms 1449 & 892
- ☒ Preliminary Amendment
- ☐ Issue Fee Transmittal

COPY



Due Date: 02/07/2001



## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: HIDEKI YOSHIOKA ET AL

SERIAL NO: NEW DIVISIONAL APPLICATION

GAU:

FILED: HEREWITH

EXAMINER:

FOR: ULTRASONIC PICTURE PROCESSING METHOD AND ULTRASONIC PICTURE PROCESSING APPARATUS

## INFORMATION DISCLOSURE/RELATED CASE STATEMENT UNDER 37 CFR 1.97

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

Applicant(s) wish to disclose the following information.

## REFERENCES

- ☒ The applicant(s) wish to make of record the references listed on the attached form PTO-1449 and/or PTO-892. Copies of the listed references, as are either statements of relevancy or any readily available English translations of pertinent portions of any non-English language references were made of record in parent application serial no. 08/937,007, filed September 24, 1997.
- ☐ A check is attached in the amount required under 37 CFR §1.17(p).

## RELATED CASES

- ☐ Attached is a list of applicant's pending application(s) or issued patent(s) which may be related to the present application. A copy of the patent(s), together with a copy of the claims and drawings of the pending application(s) is attached along with PTO 1449.
- ☐ A check is attached in the amount required under 37 CFR §1.17(p).

## CERTIFICATION

- ☐ Each item of information contained in this information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application not more than three months prior to the filing of this statement.
- ☐ No item of information contained in this information disclosure statement was cited in a communication from a foreign patent office in a counterpart foreign application or, to the knowledge of the undersigned, having made reasonable inquiry, was known to any individual designated in 37 CFR §1.56(c) more than three months prior to the filing of this statement.

## DEPOSIT ACCOUNT

- ☒ Please charge any additional fees for the papers being filed herewith and for which no check is enclosed herewith, or credit any overpayment to deposit account number 15-0030. A duplicate copy of this sheet is enclosed.

Respectfully submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

COPY



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 10/98)

Gregory J. Maier

Registration No. 25,599

Eckhard H. Kuesters

Registration No. 28,870

Form PTO 1449  
(Modified)U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE  
PATENT AND TRADEMARK OFFICE

ATTY. DOCKET NO.

SERIAL NO.

NEW APPLICATION

APPLICANT

Hideki YOSHIOKA, et al.

FILING DATE

GROUP

HEREWITH

LIST OF REFERENCES CITED BY APPLICANT  
(Use Several Sheets if Necessary)

## U.S. PATENT DOCUMENTS

EXAMINER INITIAL		DOCUMENT NUMBER	DATE	NAME	CLASS	SUB CLASS	FILING DATE IF APPROPRIATE
	AA						
	AB						
	AC						
	AD						
	AE						
	AF						
	AG						
	AH						
	AI						
	AJ						
	AK						

## FOREIGN PATENT DOCUMENTS

		DOCUMENT NUMBER	DATE	COUNTRY	TRANSLATION	
					YES	NO
	AL	7-249115	09/26/95	Japan		X
	AM					
	AN					
	AO					
	AP					

## OTHER REFERENCES (Including Author, Title, Date, Pertinent Pages, Etc.)

	AR	
	AS	
	AT	

EXAMINER

DATE CONSIDERED

\*EXAMINER: Initial if reference is considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609; Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

COPY

## Notice of References Cited

Application No.

Applicant(s)

08/937007

HIDEKI YOSHIOKA et al

Examiner

Samir Ahmed

Group Art Unit

2723

Page 1 of 1

## U.S. PATENT DOCUMENTS

* A	DOCUMENT NO.	DATE	NAME	CLASS	SUBCLASS
A	4,729,019	3/10/88	Rouvrain	382	128
B	5,239,591	8/24/93	Ranganah	382	128
C	5,353,354	10/4/94	Keller et al	382	128
D					
E					
F					
G					
H					
I					
J					
K					
L					
M					

## FOREIGN PATENT DOCUMENTS

* N	DOCUMENT NO.	DATE	COUNTRY	NAME	CLASS	SUBCLASS
N						
O						
P						
Q						
R						
S						
T						

## NON-PATENT DOCUMENTS

* U	Author, Title, Source, and Pertinent Pages	DATE
U		
V		
W		
X		

\* A copy of this reference is not being furnished with this Office action.  
(See Manual of Patent Examining Procedure, Section 707.05(a).)

COPY

ATTY DKT NO 202 7US-25RD DIV

## Notice of References Cited

NOT AVAILABLE COPY

Application No.

08/937007

Applicant(s)

HIDEKI YOSHIAKI et al.

Examiner

S. Ahmed

Group Art Unit

2723

Page 1 of 1

## U.S. PATENT DOCUMENTS

*	DOCUMENT NO.	DATE	NAME	CLASS	SUBCLASS
A	4,337,661	7/6/82	Kretz	73	628
B	4,747,146	5/24/88	Nishi Kawa et al	382	112
C					
D					
E					
F					
G					
H					
I					
J					
K					
L					
M					

COPY

## FOREIGN PATENT DOCUMENTS

*	DOCUMENT NO.	DATE	COUNTRY	NAME	CLASS	SUBCLASS
N						
O						
P						
Q						
R						
S						
T						

## NON-PATENT DOCUMENTS

*	DOCUMENT (Including Author, Title, Source, and Pertinent Pages)	DATE
U		
V		
W		
X		

\* A copy of this reference is not being furnished with this Office action.  
 (See Manual of Patent Examining Procedure, Section 707.05(a).)



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-249115

(43)Date of publication of application : 26.09.1995

(51)Int.Cl. G06T 1/00  
A61B 5/055  
G06T 9/20  
// G01R 33/54

(21)Application number : 06-065726 (71)Applicant : SHIMADZU CORP  
(22)Date of filing : 08.03.1994 (72)Inventor : UTSUNOMIYA SHINICHI  
MATSUMURA KENTARO

## (54) AUTOMATIC EXTRACTION METHOD FOR OUTLINES OF INTERNAL ORGANS

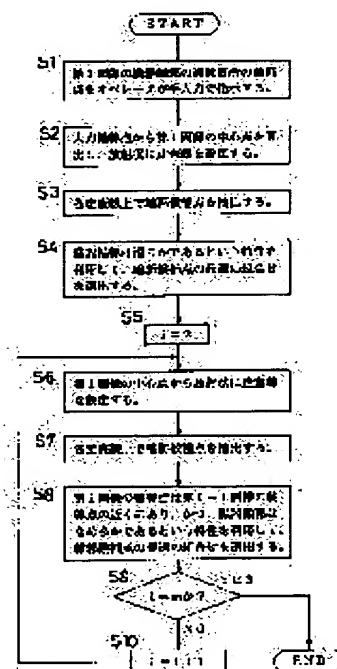
### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To extract the outlines of internal organs with high reliability without losing information

important for diagnosis in an image-picked up image.

**CONSTITUTION:** An operator inputs and designates plural outline points in a first image. The center point of the first image is calculated based on the inputted outline points, and scanning lines are set in a radial form. Outline candidate points on the respective scanning lines are extracted. The combination of the outline candidate points of the respective scanning lines is evaluated by using a characteristic that the outlines of internal organs are smooth with the inputted outline points as key information, and the optimum combination of the outline candidate points

is selected. The combination of the outline candidate points on the second and subsequent images are evaluated by using the characteristic that the outline point of the picked up image is approximated to the outline point of the picked up image which is timewisely and locationally approximated and the outlines of the internal organs are smooth. Then, the optimum combination of the outline candidate points is selected.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.03.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2903995

[Date of registration] 26.03.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-249115

(43) 公開日 平成7年(1995)9月26日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	片内整理番号	P I	技術表示箇所
G 0 6 T 1/00				
A 6 1 B 5/055				
G 0 6 T 9/20				
		7507-4C	G 0 6 F 15/ 62 A 6 1 B 5/ 05	3 9 0 C 3 8 0
		審査請求 未請求 請求項の数1	F D (全 12 頁)	最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-65726

(22) 出願日 平成6年(1994)3月8日

特許法第30条第1項適用中満有り 1993年9月9日、日本磁気共鳴医学会大会事務局発行の「日本磁気共鳴医学会雑誌第21回日本磁気共鳴医学会大会要説抄録集」に発表

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 宇都宮 真一

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所三条工場内

(72) 発明者 松村 憲太郎

京都市下京区西七条南中野町8 健康会京都南病院内

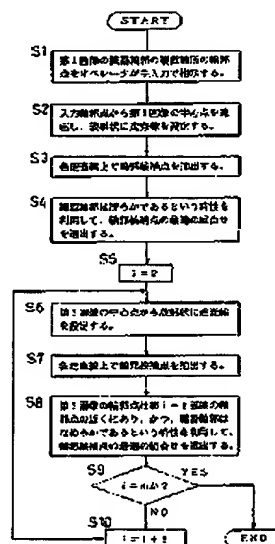
(74) 代理人 弁理士 杉谷 勉

(54) 【発明の名称】 臓器輪郭の自動抽出方法

(57) 【要約】

【目的】 撮像画像中の診断に重要な情報を喪失することなく、臓器輪郭を高い信頼性で抽出する。

【構成】 第1画像の複数の輪郭点をオペレータが入力指定する。入力輪郭点を基に第1画像の中心点を算出し、放射状に走査線を設定する。各走査線について輪郭候補点を抽出する。入力輪郭点を手掛かり情報として、各走査線の輪郭候補点の組合せの評価を、臓器輪郭が滑らかであるという特性を利用して行い、輪郭候補点の最適な組合せを選出する。第2画像以降の各画像について、輪郭候補点の組合せの評価を、当該撮像画像の輪郭点は時間的または位置的に近い撮像画像の輪郭点の近くにあり、また、臓器輪郭は滑らかであるという特性を利用して行い、最適な輪郭候補点の組合せを選出する。



(2)

特開平 7-249115

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 診断対象となる臓器の同一断面を時間的に連続して撮像して得られた複数枚の撮像画像、または診断対象となる臓器の異なる断面を位置的に連続して撮像して得られた複数枚の撮像画像について、各撮像画像の臓器輪郭を自動的に抽出する方法であって、(a)第 1 画像の臓器輪郭上の複数個所の輪郭点をオペレータが手入力で指示する過程と、(b)前記過程で入力された輪郭点(入力輪郭点)に基づいて、またはオペレータが手入力で指示することにより第 1 画像の中心点を求め、この中心点から第 1 画像上に放射状に走査線を設定する過程と、(c)各走査線に沿った画像濃度変化に着目して、前記入力輪郭点がある走査線以外の各走査線ごとに、輪郭点となる可能性がある輪郭候補点を抽出する過程と、(d)前記複数個の入力輪郭点の一つを第 1 画像の指定した輪郭線の始端とし、他の一つを指定した輪郭線の終端として、前記両入力輪郭点間に存在する隣接した各走査線上の輪郭候補点を相互につないで複数個の輪郭候補点の組合せを、臓器輪郭が滑らかであるという特性を利用して評価することにより、最適な輪郭候補点の組合せを選出する操作を全ての入力輪郭点の間で繰り返し、選出された最適な輪郭候補点の組合せを第 1 画像の輪郭点として確定する過程と、(e)第 2 画像以降の各撮像画像について、第 1 画像の中心点に対応する点から放射状に走査線を設定する過程と、(f)各走査線上の画像濃度変化に着目して各走査線ごとに複数個の輪郭候補点を抽出する過程と、(g)隣接した前記各走査線の輪郭候補点を相互につないで複数個の輪郭候補点の組合せを、第 2 画像以降の各撮像画像の輪郭点は当該撮像画像に対して時間的、または位置的に実質的に近い撮像画像の確定した輪郭点の近くにあり、かつ、臓器輪郭は滑らかであるという特性を利用して評価することにより、最適な輪郭候補点の組合せを第 2 画像以降の各撮像画像について選出し、これらを各撮像画像の輪郭点として確定する過程と、を備えたことを特徴とする臓器輪郭の自動抽出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、MRI(Magnetic Resonance Imaging)、DSA(Digital Subtraction Angiography)、シンチレーションカメラ、超音波断層撮像装置等の医用画像装置に用いられる臓器輪郭の自動抽出方法に係り、特に、臓器を含む対象物断面を時間的に連続して撮像した複数枚の撮像画像それぞれから、関心領域として臓器輪郭を自動的に抽出する技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、この種の臓器輪郭の自動抽出方法として以下のようなものがある。

【0003】<第 1 従来例>図 17 を参照する。この手法は、診断対象となる臓器の撮像画像の領域内に設定し

2

た点 O を中心に、放射状に複数本の走査線 SL を設定し(同図(a)参照)、各走査線 SL に沿った画像濃度値と、予め適宜に定められた閾値 TH とを比較して、閾値 TH と等しい画像濃度値をもった点(半径座標)を輪郭点 P として抽出している(同図(b)参照)。

【0004】<第 2 従来例>この手法は、特開平 5-317288 号公報に開示されたもので、MRI による心臓撮像画像のように臓器部分と臓器以外の部分との間で画像濃度値の差異が小さい、時間的に連続して得られた複数枚の撮像画像の各画像中の臓器の輪郭点を抽出するのに利用される。まず、第 1 画像の臓器輪郭をオペレータが手入力でなせることによって輪郭線を抽出する。第 2 画像では、第 1 画像の輪郭線との相関演算により輪郭候補点を抽出する。そして、第 1 画像上の輪郭点と第 2 画像上の輪郭候補点との差が、対象臓器の特性に基づく許容範囲内であるかどうかを判定する。ここで、上記の対象臓器の特定とは、対象臓器が例えば左心室内壁であれば、左心室内壁の運動が拡張が収縮が、フレーム間にどのくらい変位するか、誤差はどのくらいか等である。第 2 画像上の輪郭候補点が前記許容範囲内であれば、その輪郭候補点を輪郭点として確定する。許容範囲外であれば、その輪郭候補点を捨てて、その個所の輪郭点を近傍の他の輪郭点から補間により求める。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような構成を有する従来例の場合には、次のような問題がある。

【0006】第 1 従来例によれば、臓器部分と臓器以外の部分の画像濃度値の差異が小さい場合や、撮像画像にノイズ成分が重畳する等して画像濃度分布が一様でない場合に、抽出された輪郭点の信頼性が低く、本来滑らかであるべき臓器の輪郭が、凹凸の多い歪んだものになることがある。

【0007】第 2 の従来例によれば、濃度勾配の低い撮像画像であっても比較的良好に輪郭点の抽出を行うことを目的としているが、輪郭候補点を確定するにあたり、対象臓器の特性に基づく定量的な許容範囲(一定時間における左心室内壁の変位量、誤差量)を判断基準としているので、次のような問題点が生じる。すなわち、この従来例によれば、抽出した輪郭点の信頼性を高めるためには、対象臓器の特性に基づく定量的な許容範囲を余り広く設定することができず、必然的に、臓器の通常の動きを前提とした比較的狭い許容範囲を定める必要がある。しかし、疾患をもつ被検体の臓器(例えば、左心室内壁)は、必ずしも通常の動きをするものでなく、時として異常な動きをすることがある。このような臓器の異常な動きが撮像されていたとしても、この従来例によれば、その臓器の異常個所の輪郭候補点が前記許容範囲外であるとして捨てられることにより、撮像画像中の臓器の異常な動きを示す、診断上の重要な情報が輪郭点の評

(3)

特開平 7-249115

3

価値程で失われる危険性がある。また、捨てられた輪郭候補点に対応する個所の輪郭点は、近傍の輪郭点の位置情報を使った補間により求められるので、その個所の輪郭点は実際の撮像画像の情報を反映しない不正値なものになりやすい。

【0008】この発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、臓器部分と臓器以外の部分の画像濃度値の差異が小さい場合や画像濃度分布が一様でない場合であっても、撮像画像中の診断に重要な情報を喪失することなく、臓器輪郭を高い信頼性で抽出することができ、臓器輪郭の自動抽出方法を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明は、このような目的を達成するために、次のような構成をとる。すなわち、この発明は、診断対象となる臓器の同一断面を時間的に連続して撮像して得られた複数枚の撮像画像、または診断対象となる臓器の異なる断面を位置的に連続して撮像して得られた複数枚の撮像画像について、各撮像画像の臓器輪郭を自動的に抽出する方法であって、(a) 第1画像の臓器輪郭上の複数個所の輪郭点をオペレータが手入力で指示する過程と、(b) 前記過程で入力された輪郭点(入力輪郭点)に基づいて、またはオペレータが手入力で指示することにより第1画像の中心点を求め、この中心点から第1画像上に放射状に走査線を設定する過程と、(c) 各走査線に沿った画像濃度変化に着目して、前記入力輪郭点がある走査線以外の各走査線ごとに、輪郭点となる可能性がある輪郭候補点を抽出する過程と、(d) 前記複数個の入力輪郭点の一つを第1画像の確定した輪郭線の始端とし、他の一つを確定した輪郭線の終端として、前記両入力輪郭点間に存在する隣接した各走査線上の輪郭候補点を相互につないだ複数個の輪郭候補点の組合せを、臓器輪郭が滑らかであるという特性を利用して評価することにより、最適な輪郭候補点の組合せを選出する操作を全ての入力輪郭点の間で繰り返し、選出された最適な輪郭候補点の組合せを第1画像の輪郭点として確定する過程と、(e) 第2画像以降の各撮像画像について、第1画像の中心点に対応する点から放射状に走査線を設定する過程と、(f) 各走査線上の画像濃度変化に着目して各走査線ごとに複数個の輪郭候補点を抽出する過程と、(g) 隣接した前記各走査線の輪郭候補点を相互につないだ複数個の輪郭候補点の組合せを、第2画像以降の各撮像画像の輪郭点は当該撮像画像に対して時間的、または位置的に実質的に近い撮像画像の確定した輪郭点の近くにあり、かつ、臓器輪郭は滑らかであるという特性を利用して評価することにより、最適な輪郭候補点の組合せを第2画像以降の各撮像画像について選出し、これらを各撮像画像の輪郭点として確定する過程と、を備えたものである。

【0010】

4

【作用】この発明の作用は次のとおりである。まず、複数枚の撮像画像の中から適宜の第1画像が選択され、この第1画像の輪郭線が、以下の各過程によって抽出される。

【0011】オペレータは、第1画像の輪郭上に、手入力で複数個所の輪郭点を指示する。この第1画像が、臓器部分と臓器以外の部分の画像濃度値の差異が小さい画像であったり、あるいは画像濃度分布が一様でない画像であったとしても、オペレータは、経験的に臓器と臓器以外の部分を識別する能力を備えているので、入力指示された輪郭点は信頼性が高く、以後の処理で確定した輪郭点として用いることができる。

【0012】次の過程では、複数個の入力輪郭点に基づいて、あるいはオペレータが手入力で指示することにより、第1画像の中心点を求め、この中心点から第1画像中に放射状に走査線を設定する。この中心点は、臓器の画像領域内にあるので、各走査線は必ず臓器の輪郭線を横切る。

【0013】そして、入力輪郭点がある走査線以外の各走査線に沿って画像濃度の変化を調べる。画像濃度が走査線上において比較的大きく変化している個所に臓器の輪郭が存在する可能性が高いので、これらの個所を輪郭候補点として走査線ごとに抽出する。画像濃度の変化の比較的大きな個所は各走査線について必ずしも1個所でないで、輪郭候補点は、各走査線について通常、複数個存在する。

【0014】複数個の入力輪郭点の中の一つを第1画像の確定した輪郭線の始端とし、他の一つを確定した輪郭線の終端として、両入力輪郭点間に存在する隣接した各走査線上の輪郭候補点を相互につなくことにより、複数個の輪郭候補点の組合せをつくる。これらの輪郭候補点の組合せの中の一つが第1画像の輪郭線として最適なものであると考えられる。そこで、各輪郭候補点の組合せを評価するために、臓器輪郭が滑らかであるという、臓器の定性的な特性を利用する。結果、最も滑らかな臓器輪郭を与える輪郭候補点の組合せが選出され、これをこの両入力輪郭点間の第1画像の輪郭点として確定する。この操作を全ての入力輪郭点間で繰り返すことにより第1画像の全輪郭点を確定する。臓器が異常な動きをしても、その部分の輪郭の滑らかさが失われないことは経験的に認められているので、前記の評価過程において、異常な動きをした臓器の輪郭部分が喪失されることはない。

【0015】以上で第1画像の輪郭線抽出処理が終わり、続いて、第1画像の確定した輪郭点を利用して、第2画像以降の各撮像画像の輪郭点を以下の各過程で抽出する。

【0016】第2画像について、第1画像の中心点に対応する点から放射状に走査線を設定し、第1画像と同様に各走査線ごとに複数個の輪郭候補点を抽出する。そし

(4)

特開平 7-249115

5

て、隣接した各走査線の輪郭候補点を相互につないだ複数の輪郭候補点の組合せをつくり、各輪郭候補点の組合せを評価する。第2画像以降の輪郭候補点の組合せの評価では、各撮像画像の輪郭点は当該撮像画像に対して時間的、または位置的に実質的に近い撮像画像の確定した輪郭点の近くにあり、かつ、隣接輪郭は滑らかであるという、隣接の定性的特性を利用する。第2画像以降で隣接が異なる動きをしても、その部分の輪郭点はその撮像画像に時間的、または位置的に近い撮像画像の輪郭点の近くにあり、また、その部分の輪郭の滑らかさが失われないことは経験的に認められているので、前記の評価過程において、異常な動きをした隣接の輪郭部分が喪失されることはない。このような評価によって最適な輪郭候補点の組合せを送出し、その輪郭候補点の組合せを第2画像の輪郭点として確定する。

【0017】第3画像については、第2画像の確定した輪郭点を利用して、第2画像と同様の評価を行って、最適な輪郭候補点の組合せを送出し、輪郭点を確定する。以後、各撮像画像について同様の処理を繰り返し行うことにより、全ての撮像画像について輪郭線が自動的に抽出される。

【0018】

【実施例】以下、図面を参照してこの発明の一実施例を説明する。まず、図2を参照して、この発明方法が適用される装置の一例である、磁気共鳴断層撮影(MRI)装置の概略構成を説明する。ただし、この発明はMRI装置に限定されず、DSA装置等にも適用することができる。

【0019】主マグネット11は静磁場を発生するためのもので、この静磁場に重畳するように傾斜磁場コイル12によって傾斜磁場が印加される。傾斜磁場コイル12はX、Y、Zの3軸方向に磁場強度がそれぞれ傾斜する傾斜磁場 $G_x$ 、 $G_y$ 、 $G_z$ を発生するように配置されている。この静磁場及び傾斜磁場が加えられる空間に、図示しない被検体(患者)が配置され、その被検体にRFコイル13が取り付けられる。

【0020】傾斜磁場コイル12には傾斜磁場電源21が接続され、 $G_x$ 、 $G_y$ 、 $G_z$ の各傾斜磁場発生用電力が供給される。この傾斜磁場電源21には波形発生器22からの波形信号が入力されて $G_x$ 、 $G_y$ 、 $G_z$ の各傾斜磁場波形が制御される。RFコイル13にはRFパワーアンプ33からRF信号が供給され、これにより被検体へのRF信号照射が行われる。このRF信号は、RF信号発生器31より発生させられたRF信号を、変調器32で、波形発生器22から送られてきた波形に応じてAM変調したものとなっている。

【0021】被検体で発生したNMR信号はRFコイル13により受信され、プリアンプ41を経て位相検波器42に送られる。位相検波器42において、受信信号はRF信号発生器31からのRF信号を参照信号として位

6

相検波され、検波出力がA/D変換器43に送られる。このA/D変換器43にはサンプリングパルス発生器24からサンプリングパルスが入力されており、このサンプリングパルスに応じて検波出力のデジタルデータへの変換が行われる。そのデジタルデータはホストコンピュータ51に取り込まれる。

【0022】ホストコンピュータ51は、取り込まれたデータを処理して画像を再構成するとともに、タイミング発生器23を介してシーケンス全体のタイミングを定める。すなわち、タイミング発生器23は、ホストコンピュータ51の制御の下に、波形発生器22、RF信号発生器31、サンプリングパルス発生器24にタイミング信号を送り、波形発生器22から各波形信号が出力されるタイミングを定めるとともに、RF信号発生器31からRF信号発生タイミングを定め、さらにサンプリングパルス発生器24からのサンプリングパルス発生タイミングを定める。また、ホストコンピュータ51は、波形発生器22に波形情報を送り、 $G_x$ 、 $G_y$ 、 $G_z$ の各傾斜磁場パルスの波形、強度等を制御するとともに、RFコイル13から被検体に照射するRF信号のエンベロープを定め、さらにRF信号発生器31に信号を送ってRF信号の周波数や位相を制御する。

【0023】このホストコンピュータ51には画像表示装置52と入力装置53とが接続されている。画像表示装置52は再構成画像等を表示する。入力装置53は、キーボードや切り換えスイッチあるいはトラックボール、マウス等のポインティングデバイス等からなる。

【0024】上述したMRI装置によって、被検体の診断対象となる臓器(例えば、心臓)の同一断面が時間的に連続して撮像されて、各々の再構成画像がホストコンピュータ51に格納される。また、傾斜磁場を適宜に制御して、診断対象となる臓器の異なる断面が位置的に連続して撮像(マルチスライス)され、各々の再構成画像がホストコンピュータ51に格納されることもある。

【0025】そして、心臓(特に、左心室)の体積変化を調べて心機能を診断する場合等、必要に応じて、臓器の再構成画像(以下、撮像画像、あるいは単に画像という)の輪郭線の抽出処理が、ホストコンピュータ51によって行われる。

【0026】以下、臓器の同一断面が時間的に連続して撮像されて得られた複数枚の画像について、輪郭線を自動的に抽出するための処理を図1のフローチャートを参照して説明する。

【0027】ステップS1：まず、複数枚の撮像画像の中から適宜な第1番目の撮像画像(第1画像)が画像表示装置52に表示される。図3に示すように、オペレータは、この第1画像を見ながら、入力装置53の例えばマウスを使って、第1画像の臓器輪郭上の複数個所の輪郭点(入力輪郭点) $P_{in1}$ 、 $P_{in2}$ 、 $P_{in3}$ を入力指示する。図3中、斜線領域は臓器の撮像断面を示す。第1

(5)

特開平7-249115

7

画像が、その臓器部分と臓器以外の部分とで画像濃度の差異が小さい撮像画像であったり、あるいはノイズが重畳して濃度分布が一様でなかったとしても、オペレータは、その経験により、微妙な濃度差や臓器の形態的特性に基づいて臓器の輪郭点を正確に指定することができる。指定された各入力輪郭点 $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ 、 $P_{1,3}$ の座標はホストコンピュータ51に取り込まれる。

【0028】入力輪郭点の個数は3個に限らず、2個、あるいは4個以上でもよい。ただし、4個以上の入力輪郭点を指定しても、後述する説明から明らかなように、輪郭線の抽出処理の精度の向上に余り影響しないので、操作性の面からは、2個または3個が好ましい。何れにしても、各入力輪郭点は臓器輪郭上に均等に指定されのが好ましい。入力輪郭点が偏って指定されると、入力輪郭点から中心を求める場合に中心点が臓器に対して偏った位置にきて、後述する放射状の走査線に抽出された輪郭点相互の間隔に広狭ができて、輪郭線のカタツキが目立つことがある。

【0029】ステップS2：図4に示すように、入力輪郭点 $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ 、 $P_{1,3}$ から第1画像（臓器断面）の中心点Oを算出し、その中心点Oから放射状に走査線SLを設定する。第1画像の中心点は、放射状の走査線SLが切る輪郭線の長さが略均等になるように設定されるのが輪郭のカタツキを少なくする上で好ましい。例えば、撮像画像が左心室の短軸像のような円形に近い臓器断面画像である場合には、中心点Oとして、入力輪郭点 $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ 、 $P_{1,3}$ で定まる三角形の重心を採用すればよい。一方、図4に示すように、撮像画像が左心室の長軸像のように一方が腰らんだ長細い形をしている場合は、重心O、を中心点として採用するよりも、入力輪郭点 $P_{1,1}$ と $P_{1,3}$ の中点Nと、入力輪郭点 $P_{1,2}$ との中点O<sub>2</sub>を中心点として採用する方が好ましい。入力輪郭点が2個の場合は、その中点を中心点とする。また、第1画像の中心点の設定をオペレータに委ねても、処理の効率はそれほど悪くならないので、オペレータ自身が設定するようにしてもよい。

【0030】走査線の数は、後述する演算処理に要する時間と、抽出する輪郭線のカタツキとの兼ね合いで適宜に定められる。例えば、走査線の数は、32本あるいは64本程度で、各走査線は等角度に設定される。設定された走査線に入力輪郭点が位置しない場合、例えば、その入力輪郭点から最も近い走査線に入力輪郭点を移動（中心点回りに回転変位）させて、全ての入力輪郭点が走査線に位置するように設定する。もちろん、入力輪郭点を移動させずに、各入力輪郭点を通過するように数本の走査線を先に設定し、これらの走査線の間に複数本の走査線を適宜に設定するようにしてもよい。この場合、走査線の間隔は必ずしも等角度でなくてもよい。

【0031】ステップS3：各走査線に沿った画像濃度変化に着目して、入力輪郭点が存在する走査線以外の各

8

走査線について、輪郭点となる可能性のある輪郭候補点を抽出する。図6を参照して、輪郭候補点の抽出法を説明する。図6(a)は走査線に沿った画像濃度値を示し、図6(b)はその微分値を示す。対象臓器の画像濃度値がそれ以外の周囲の画像濃度値よりも高い撮像画像の場合は、走査線を中心点側から外方向に沿ってみた場合に、「明」から「暗」に切り変わる部分が輪郭点となる可能性のある点である。そこで、各走査線に沿った画像濃度値を、中心側から外方向に向かって微分処理し、その微分値が極小値をとる全ての点を輪郭候補点として抽出（その半径座標を記憶）する。逆に、対象臓器の画像濃度値がそれ以外の周囲の画像濃度値よりも低い撮像画像の場合は微分値が極大値をとる点を輪郭候補点として抽出する。他の例として、画像濃度値自身が極小値をとる点や、極大値をとる点を輪郭候補点として抽出してもよい。図7は、ステップS3で抽出された第1画像の輪郭候補点の分布を示す。図中の黒丸印は入力輪郭点、三角印は輪郭候補点である。

【0032】ステップS4：複数個の入力輪郭点の一つを第1画像の確定した輪郭線の始端とし、他の一つを確定した輪郭線の終端として、前記両入力輪郭点間に存在する隣接した各走査線上の輪郭候補点を相互につないだ複数個の輪郭候補点の組合せを、臓器輪郭が滑らかであるという、臓器の定性的な特性を利用して評価することにより、最適な輪郭候補点の組合せを選出し、これを前記両入力輪郭点間の第1画像の輪郭点として確定する。この操作を全ての入力輪郭点間で繰り返して、第1画像の全輪郭点を確定する。以下、輪郭候補点の組合せの評価手法の例を挙げ、各手法ごとに説明する。

【0033】＜第1の評価手法＞この評価手法は、複数個の輪郭候補点の組合せによって得られる複数種類の輪郭線の内、どの輪郭線が最も滑らかであるかという評価を、隣接する走査線上の各輪郭候補点の半径の差分の累積値に基づいて行うものである。以下、図8を参照して説明する。

【0034】まず、走査線SL<sub>1</sub>。上の入力輪郭点 $P_{1,1}$ を始端とし、走査線SL<sub>1</sub>。上の入力輪郭点 $P_{1,2}$ を終端とし、両入力輪郭点 $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ の間にある各走査線SL<sub>1,1</sub>、SL<sub>1,2</sub>、…上の各輪郭候補点の組合せを評価する。いま、走査線SL<sub>1</sub>。上の輪郭候補点を $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ 、 $P_{1,3}$ とした場合、各輪郭候補点の評価値 $C_{1,1}$ 、 $C_{1,2}$ 、 $C_{1,3}$ として、次のように中心点Oからの各輪郭候補点の半径と入力輪郭点 $P_{1,1}$ の半径の差分の絶対値を設定する。

$$P_{1,1} \text{ の評価値: } C_{1,1} = |r_{1,1} - r_0|$$

$$P_{1,2} \text{ の評価値: } C_{1,2} = |r_{1,2} - r_0|$$

$$P_{1,3} \text{ の評価値: } C_{1,3} = |r_{1,3} - r_0|$$

【0035】そして、各輪郭候補点 $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ 、 $P_{1,3}$ について、各輪郭候補点の評価値 $C_{1,1}$ 、 $C_{1,2}$ 、 $C_{1,3}$ と、各輪郭候補点の相手先である入力輪郭点 $P_{1,1}$ とを記憶して

(6)

特開平7-249115

9

10

おく。以下に記憶内容を模式的に示す。

$$P_{11} = \{C_{11}, P_{11}\}$$

$$P_{12} = \{C_{12}, P_{11}\}$$

$$P_{13} = \{C_{13}, P_{11}\}$$

【0036】次の定査線  $SL_1$  上の各輪郭候補点  $P_{11}$ ,  $P_{21}$ ,  $P_{31}$ ,  $P_{41}$  について、以下のように累積した評価値を設定する。各輪郭候補点  $P_{11}$ ,  $P_{21}$ ,  $P_{31}$ ,  $P_{41}$  について、その相手先として3個の輪郭候補点  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$  がある。そこで、各輪郭候補点  $P_{11}$ ,  $P_{21}$ ,  $P_{31}$ ,  $P_{41}$  について、相手先  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$  との半径の差分の絶対値と、相手先  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$  がもっている評価値  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$  との累積値(和)をそれぞれ求め、これらの累積値の中から最小のものを各輪郭候補点  $P_{21}$ ,  $P_{31}$ ,  $P_{41}$  の評価値  $C_{21}$ ,  $C_{31}$ ,  $C_{41}$  として設定する。以下に、評価値  $C_{21}$ ,  $C_{31}$ ,  $C_{41}$  の算出式を示す。各式中の  $\text{MIN}$  は、括弧内の複数個の累積評価値の内、最小のものを選択することを示す。

$$P_{21} \text{ の評価値: } C_{21} = \text{MIN} (|r_{21} - r_{11}| + C_{11},$$

$$|r_{21} - r_{12}| + C_{12}, |r_{21} - r_{13}| + C_{13})$$

$$P_{31} \text{ の評価値: } C_{31} = \text{MIN} (|r_{31} - r_{11}| + C_{11},$$

$$|r_{31} - r_{12}| + C_{12}, |r_{31} - r_{13}| + C_{13})$$

$$P_{41} \text{ の評価値: } C_{41} = \text{MIN} (|r_{41} - r_{11}| + C_{11},$$

$$|r_{41} - r_{12}| + C_{12}, |r_{41} - r_{13}| + C_{13})$$

$$P_{21} \text{ の評価値: } C_{21} = \text{MIN} (|r_{21} - r_{11}| + C_{11},$$

$$|r_{21} - r_{12}| + C_{12}, |r_{21} - r_{13}| + C_{13})$$

【0037】上記の演算処理により、例えば、輪郭候補点  $P_{21}$  について、 $|r_{21} - r_{11}| + C_{11}$  が選択されたとする、この累積評価値と、その相手先である輪郭候補点  $P_{11}$  とを、輪郭候補点  $P_{21}$  に対応付けて記憶する。また、輪郭候補点  $P_{31}$  については相手先として  $P_{11}$  が、輪郭候補点  $P_{41}$  についても  $P_{11}$  が、輪郭候補点  $P_{21}$  については  $P_{11}$  が、それぞれ選択されたとする。以下に、各各輪郭候補点  $P_{21}$ ,  $P_{31}$ ,  $P_{41}$  の累積評価値と相手先との記憶内容を模式的に示す。

$$P_{21} = \{C_{21}, P_{11}\}$$

$$P_{31} = \{C_{31}, P_{11}\}$$

$$P_{41} = \{C_{41}, P_{11}\}$$

$$P_{21} = \{C_{21}, P_{11}\}$$

【0038】以下、同様の処理を隣接する定査線  $SL_2$ ,  $SL_3$ , ... の各輪郭候補点について実行して、各輪郭候補点に対応付けて累積評価値と相手先とを記憶する。そして、最終の定査線  $SL_n$  上では、終端の入力輪郭点  $P_{n2}$  が一つだけであるので、その評価値  $C_{n2}$  が次に示すように一義的に定まる。

$$P_{n2} \text{ の評価値: } C_{n2} = \text{MIN} (|r_{n2} - r_{n-1,1}| + C_{n-1,1}, |r_{n2} - r_{n-1,2}| + C_{n-1,2}, |r_{n2} - r_{n-1,3}| + C_{n-1,3})$$

【0039】上記の  $P_{n2}$  の評価値の演算により、例えば輪郭候補点  $P_{n-1,1}$  が選ばれたとすると、この輪郭候

補点  $P_{n-1,1}$  が定査線  $SL_{n-1}$  上の輪郭点として確定する。輪郭点として確定した輪郭候補点  $P_{n-1,1}$  に対応付けて、累積評価値が最小となる相手先の輪郭候補点(既に記憶されているので、その輪郭候補点の一つ前の定査線  $SL_{n-2}$  上の輪郭点として確定する。以下、順に、いわゆるバックトレースされることによって、定査線  $SL_{n-3}$ , ...,  $SL_2$ ,  $SL_1$  上の輪郭点(確定し、入力輪郭点  $P_{11}$  と  $P_{12}$  間の輪郭線が抽出される。図9に各定査線上の輪郭点のバックトレースの様子を示す。

【0040】以上と同様の処理を入力輪郭点  $P_{1n2} - P_{1n1}$  間、 $P_{1n2} - P_{1n1}$  間についてそれぞれ実行することにより、各入力輪郭点間の輪郭線が抽出される。確定した全ての輪郭点を順につなぐことにより第1画像の臓器の輪郭線が得られる。

【0041】上述した説明から明らかなように、この第1の評価法は、隣接する定査線上の各輪郭候補点の半径の差分の絶対値が小さくなる輪郭候補点を輪郭点として確定していくので、臓器輪郭が円形に近い、例えば左心室の短軸像の輪郭線抽出に適している。

【0042】<第2の評価手法>この評価手法は、複数個の輪郭候補点の組合せによって得られる複数種類の輪郭線の内、どの輪郭線が最も滑らかであるかという評価を、隣接する定査線上の各輪郭候補点間の距離の累積値に基づいて行うものである。以下、図10を参照して説明する。

【0043】第1の評価方法で説明したと同様に、まず、入力輪郭点  $P_{1n1}$  と  $P_{1n2}$  との間にある各定査線上の輪郭候補点の組合せを評価する。最初に定査線  $SL_1$  上の輪郭候補点  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$  の各評価値  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$  として、各輪郭候補点  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$  から入力輪郭点  $P_{1n1}$  までの距離を設定する。

$$P_{11} \text{ の評価値: } C_{11} = L_{11-1n1}$$

$$P_{12} \text{ の評価値: } C_{12} = L_{12-1n1}$$

$$P_{13} \text{ の評価値: } C_{13} = L_{13-1n1}$$

【0044】各輪郭候補点  $P_{11}$ ,  $P_{12}$ ,  $P_{13}$  について、それぞれ評価値  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$  と、相手先  $P_{1n1}$  とを対応付けて記憶する。

$$P_{11} = \{C_{11}, P_{1n1}\}$$

$$P_{12} = \{C_{12}, P_{1n1}\}$$

$$P_{13} = \{C_{13}, P_{1n1}\}$$

【0045】次の定査線上の輪郭候補点  $P_{21}$ ,  $P_{22}$  について、最小となる累積評価値  $C_{21}$ ,  $C_{22}$  を求め、その相手先を対応付けて記憶する。ここでは、輪郭候補点  $P_{21}$  の相手先が  $P_{12}$  であり、輪郭候補点  $P_{22}$  の相手先が  $P_{11}$  であったとする。

$$P_{21} \text{ の評価値: } C_{21} = \text{MIN} (L_{21-1n1} + C_{11}, L_{21-12} + C_{12}, L_{21-13} + C_{13})$$

$$P_{22} \text{ の評価値: } C_{22} = \text{MIN} (L_{22-1n1} + C_{11}, L_{22-12} + C_{12}, L_{22-13} + C_{13})$$

$$P_{21} = \{C_{21}, P_{12}\}$$

$$P_{22} = \{C_{22}, P_{11}\}$$



(7)

特開平7-249115

11

 $P_{2,2} = \{C_{2,2}, P_{2,2}\}$ 

【0046】以下、同様の処理を隣接する走査線  $S_{i+1}, S_{i+2}, \dots$  の各輪郭候補点について実行して、各輪郭候補点に対応付けて累積評価値と相手先とを記憶する。そして、最終的な走査線  $S_L$  上では、終端の入力輪郭点  $P_{1,n}$  が一つだけであるので、その評価値  $C_{1,n}$  が次に示すように一義的に定まる。

$$P_{1,n} \text{ の評価値: } C_{1,n} = \text{MIN} (L_{1,n-1,n-1,1} + C_{n-1,1}, L_{1,n-1,n-1,2} + C_{n-1,2}, \dots, L_{1,n-1,n-1,n-1} + C_{n-1,n-1})$$

【0047】  $P_{1,n}$  の評価値が一義的に定まると、その相手先の輪郭候補点が走査線  $S_{L,i+1}$  上の輪郭点として確定し、以下、走査線  $S_L$  までの各走査線の輪郭点が第1の評価法と同様にバックトレースされる。他の入力輪郭点間の輪郭線も同様に抽出される。図11に各走査線上の輪郭点のバックトレースの様子を示す。

【0048】 上述した説明から明かなように、この第2の評価法は、隣接する走査線上の各輪郭候補点の距離の累積値が小さくなる、換言すれば曲率の小さなラインに沿った輪郭候補点を輪郭点として確定していくので、臓器輪郭が比較的精細な。例えば左心室の長軸像の輪郭線抽出に適している。

【0049】 <第3の評価手法> 上述した第1の評価手法によれば、抽出された輪郭線が丸みを帯びる傾向があり、また、第2の評価手法によれば、抽出された輪郭線が細長くなる傾向がある。臓器によっては、いずれの傾向が好ましいとも言えない場合があるので、このような場合には、隣接する走査線上の輪郭候補点の半径の差の絶対値  $|r_n - r_{n-1}|$  と、輪郭候補点間の距離  $L$  との和を、各輪郭候補点の評価値  $C$  として採用してもよい。

$$C = |r_n - r_{n-1}| + L$$

そして、累積した評価値  $(\sum C)$  が最小となる輪郭候補点の組合せを最適なものとして選択して、各走査線上の輪郭点を確定するようにしてもよい。

【0050】 対象となる臓器の輪郭形状に応じて、何れかの傾向を重視したい場合は、次に示すように、重み係数  $k_1, k_2$  を適宜に設定するようにしてもよい。

$$C = k_1 \cdot |r_n - r_{n-1}| + k_2 \cdot L$$

【0051】 <第4の評価手法> 左心室の長軸像のように、同じ撮像画像内でも輪郭がはっきりしている領域と、ぼやけている領域（例えば、僧帽弁の付近）が存在する撮像画像もある。このような撮像画像の場合、比較的輪郭がはっきりしている部分の輪郭候補点が選択され、易くなるように、その輪郭候補点に優先度を付けるようにしてもよい。

【0052】 例えば、図12に示すように、画像濃度値の微分値の極小値が、予め定められた基準値  $REF$  を越える場合は、その点を優先度の高い輪郭候補点として、基準値を越えない他の輪郭候補点と区別する。そして、優先輪郭候補点については、上述したような演算で求め

12

られた評価値を例えば、半分にする等、その値を小さくして、その優先輪郭候補点が輪郭点として抽出され易くする。

【0053】 ステップS5：第1画像の輪郭点が確定すると、第2画像を処理対象として選択する。

【0054】 ステップS6：第1（第2）画像中に第1-1（第1）画像の中心点に対応した中心点を設定し、その中心点から放射状に走査線を設定する。走査線の設定手法はステップS2で説明したと同様であるので、ここでの説明は省略する。

【0055】 ステップS7：各走査線に沿った画像濃度値の変化を調べることで、各走査線ごとに輪郭候補点を抽出する。輪郭候補点の抽出法は、ステップS3と同様であるので、ここでの説明は省略する。

【0056】 ステップS8：第1（第2）画像の輪郭点は第1-1（第1）画像の輪郭点の近くにあり、かつ、臓器輪郭は滑らかであるという、臓器の定性的な特性を利用して、隣接した各走査線の輪郭候補点を相互に付いた複数個の輪郭候補点の組合せの中から最適の組合せを選出し、その輪郭候補点を第1（第2）画像の輪郭点として確定する。以下、図13および図14を参照して説明する。

【0057】 図13で実線でつながれた黒丸印は第1-1（第1）画像の輪郭点であり、三角印は第1（第2）画像から抽出された輪郭候補点である。輪郭候補点の組合せの評価にあたっては、いずれの走査線を起点としてよいが、ここでは図14に示すように走査線  $S_L$  を起点として説明する。まず、走査線  $S_L$  上の輪郭候補点  $P_{1,1}, P_{1,2}, P_{1,3}$  の評価値  $C_{1,1}, C_{1,2}, C_{1,3}$  の初期値として、第1画像の輪郭点  $Q$  までの距離  $L_{1,1}, L_{1,2}, L_{1,3}$  を設定する。

$$P_{1,1} \text{ の評価値: } C_{1,1} = L_{1,1}$$

$$P_{1,2} \text{ の評価値: } C_{1,2} = L_{1,2}$$

$$P_{1,3} \text{ の評価値: } C_{1,3} = L_{1,3}$$

【0058】 次の走査線  $S_{L+1}$  上の輪郭候補点  $P_{2,1}, P_{2,2}, P_{2,3}$  について、以下のように評価値  $C_{2,1}, C_{2,2}, C_{2,3}$  を設定する。

$$C_{2,1} = \text{MIN} ( (P_{1,1} \text{ との半径差} + P_{1,1} P_{2,1} \text{ 間の距離} ) + Q_1 P_{2,1} \text{ 間の距離} + P_{1,1} \text{ の評価値}, (P_{1,2} \text{ との半径差} + P_{1,2} P_{2,1} \text{ 間の距離} ) + Q_1 P_{2,1} \text{ 間の距離} + P_{1,2} \text{ の評価値}, (P_{1,3} \text{ との半径差} + P_{1,3} P_{2,1} \text{ 間の距離} ) + Q_1 P_{2,1} \text{ 間の距離} + P_{1,3} \text{ の評価値} )$$

【0059】 上式中で、隣接輪郭候補点との半径差と隣接輪郭候補点間の距離との和は、臓器輪郭が滑らかであるという特性の評価値である。上述したように、この評価値としては、隣接輪郭候補点との半径差、あるいは隣接輪郭候補点間の距離のみを用いてもよく、あるいは、各々に重み付けの係数を用いてもよい。第1-1画像の輪郭点  $Q$  との距離は、第1画像の輪郭点が第1-1画像の輪郭点の近くに存在するという特性の評価値で

(8)

特開平7-249115

13

ある。各輪郭候補点 $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ 、 $P_{1,3}$ について最小となる評価値が求められると、その評価値と相手先の輪郭候補点とを、各輪郭候補点 $P_{1,1}$ 、 $P_{1,2}$ 、 $P_{1,3}$ ごとに記憶する。

【0060】以下、同様に走査線 $SL_2$ 、 $SL_3$ 、…、 $SL_i$ の順に各輪郭候補点について最小の評価値とその相手先を求めていく。そして、最後の走査線 $SL_i$ の各輪郭候補点 $P_{i,1}$ 、 $P_{i,2}$ 、 $P_{i,3}$ の評価値 $C_{i,1}$ 、 $C_{i,2}$ 、 $C_{i,3}$ を比較し、最小の評価値をもつ輪郭候補点を、その走査線 $SL_i$ 上の輪郭点として確定する。走査線 $SL_i$ 上の輪郭点 $P_{i,1}$ が確定すると、その輪郭点の相手先（走査線 $SL_{i-1}$ の輪郭候補点）が確定するので、その輪郭候補点を走査線 $SL_{i-1}$ 上の輪郭点として確定する。以下、起点となった走査線 $SL_1$ までバックトレースすることにより、第1（第2）画像の各走査線上の輪郭点を確定する。図13中の破線は、第1（第2）画像の抽出された輪郭線を示す。

【0061】ステップS9、S10：以上のステップS6～S8の処理を最終画像（ $i=m$ ）まで繰り返すことにより、全ての撮像画像の輪郭線の抽出処理を完了する。

【0062】なお、上述の実施例では、第1画像の輪郭候補点の最適な組合せを評価するために、一つ前の第1-1画像の輪郭点を利用したが、この発明はこれに限定されない。例えば、図15に示すように、左心室の体積変化は周期的（位相1～位相10）に繰り返しているの、位相10の撮像画像の輪郭候補点の組合せの評価は、必ずしも一つ前の位相9の撮像画像の輪郭点に基づいて行われる必要はなく、第1画像である位相1の撮像画像の輪郭点に基づいて行ってもよい。以下、同様に位相9の撮像画像の輪郭候補点の組合せの評価を、位相10の輪郭点に基づいて行ってもよい。要するに、実質上、時間的（または位相的）に近い撮像画像の輪郭点に基づいて評価すればよい。

【0063】また、上述した実施例では、臓器の同じ断面の時間的に連続した複数枚の撮像画像の各画像の輪郭抽出について説明したが、この発明はこれに限定されず、例えば、図16に示す左心室の短軸のマルチスライス像 $M_1S$ 、… $M_nS$ のように、位相的に連続している複数枚の撮像画像の輪郭抽出にも適用することができる。

【0064】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、この発明によれば以下の効果を奏する。

【0065】一連の撮像画像の輪郭線の抽出処理は、第1画像においてオペレータによって指定された複数個の輪郭点を基礎としており、しかも、各撮像画像の走査線上にある複数個の輪郭候補点の組合せの中から、臓器輪郭が滑らかであるという特性を利用して、最適な輪郭候補点の組合せを選出して輪郭点を確定しているので、臓器部分と臓器以外の部分との間で画像濃度値の差異が小

14

さい撮像画像や、濃度分布が一様でない撮像画像であっても、輪郭線を高い精度で抽出することができる。

【0066】また、確定した入力輪郭点をもつ第1画像では、臓器輪郭が滑らかであるという臓器の定性的特性を評価の基準とし、第2画像以降では、前記定性的特性に基づく評価に加えて、処理対象の撮像画像の輪郭点は、当該撮像画像に対して時間的、または位相的に実質的に近い撮像画像の確定した輪郭点の近くにあるという定性的特性に基づいて評価している。このような臓器の定性的特性は、臓器の動きの正常・異常にかかわらず成立するものであるため、臓器の異常な動きを映し出した画像に対しても、その異常部分の輪郭を忠実に抽出することができ、診断上、貴重な情報を損なうことのない信頼性の高い輪郭線抽出を行うことができる。

【0067】さらに、第1画像では、複数個所の輪郭点をポイント的に指定するだけでよいので、第2の従来例で説明した手法のように、第1画像の臓器の輪郭線を一周なぞるものに比べて、操作が簡単であり、臓器の輪郭線の抽出を迅速に行うこともできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る臓器輪郭の自動抽出方法の処理手順を示すフローチャートである。

【図2】この発明方法が適用されるMRI装置の概略構成を示すブロック図である。

【図3】第1画像の入力輪郭点の説明図である。

【図4】第1画像に設定される走査線の説明図である。

【図5】第1画像の中心点の設定処理の変形例の説明に供する図である。

【図6】輪郭候補点の抽出処理の説明図である。

【図7】第1画像の輪郭候補点の分布状態を示す模式図である。

【図8】輪郭候補点の組合せ評価の説明図である。

【図9】第1画像の輪郭点のバックトレースの説明図である。

【図10】輪郭候補点の組合せの別の評価例の説明に供する図である。

【図11】輪郭候補点の組合せの別の評価例におけるバックトレースの説明図である。

【図12】輪郭候補点の組合せの更に別の評価例の説明に供する図である。

【図13】第2画像の輪郭候補点の分布状態を示す模式図である。

【図14】第2画像の輪郭候補点の組合せ評価の説明図である。

【図15】別実施例の説明に供する左心室の体積変化を示す図である。

【図16】別実施例の説明に供する左心室の短軸のマルチスライス像を示す図である。

【図17】従来例の説明に供する図である。

【符号の説明】

(9)

特開平7-249115

15

16

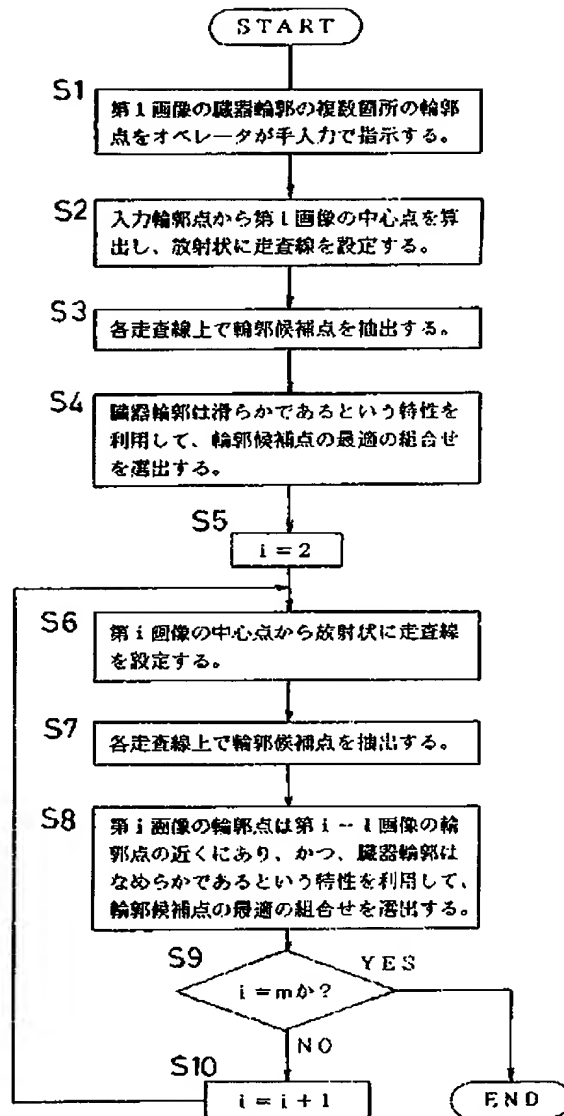
51...ホストコンピュータ

\* 53...入力装置

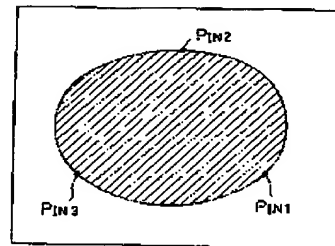
52...画像表示装置

\*

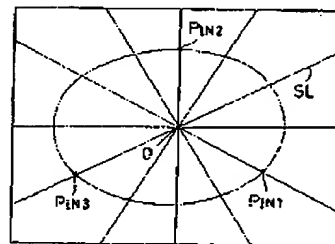
【図1】



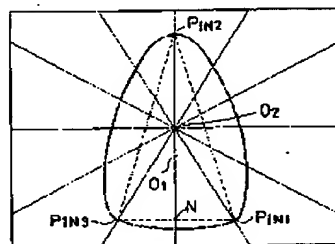
【図3】



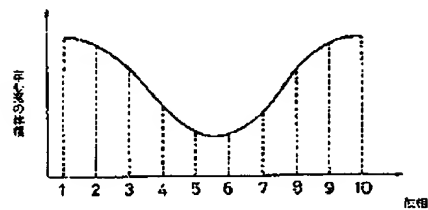
【図4】



【図5】



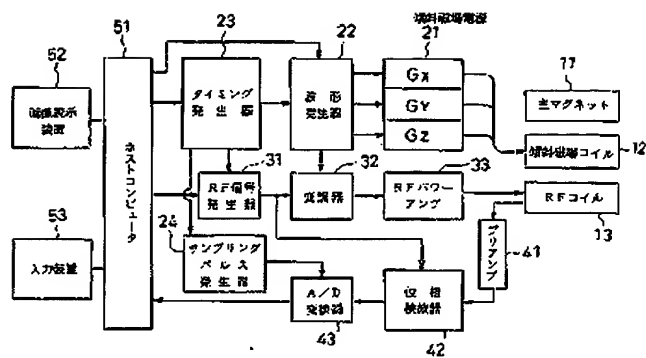
【図15】



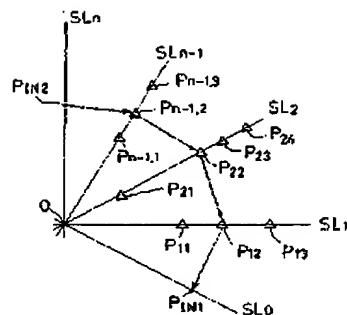
(10)

特開平 7-249115

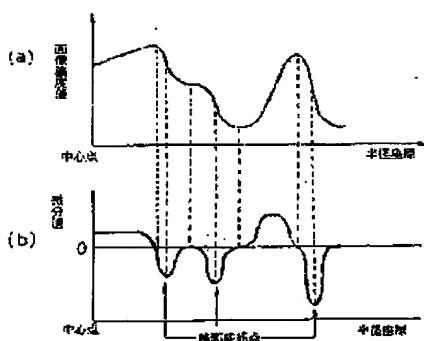
【図 2】



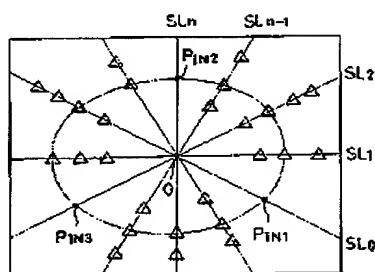
【図 9】



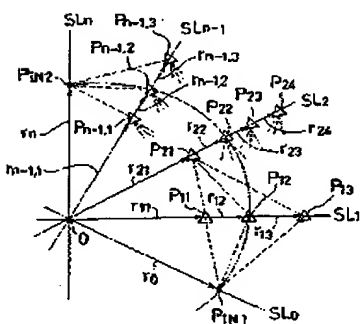
【図 6】



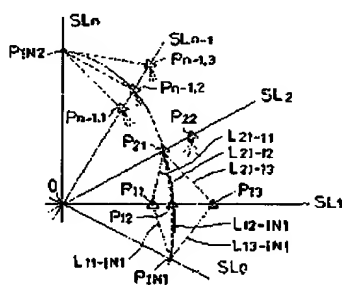
【図 7】



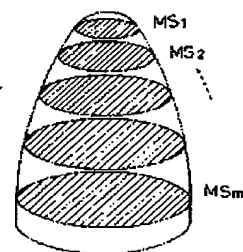
【図 8】



【図 10】



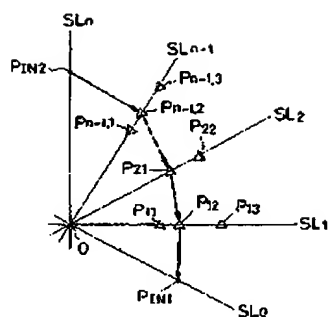
【図 16】



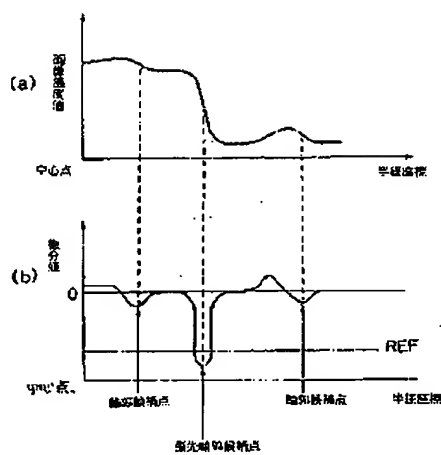
(11)

特開平7-249115

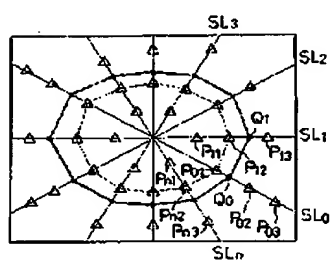
【図11】



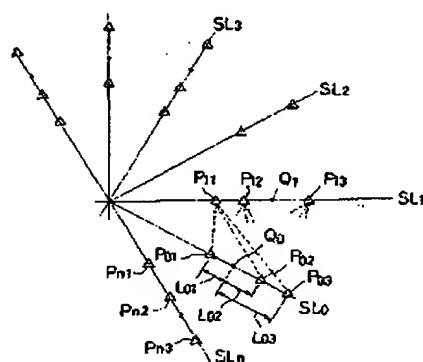
【図12】



【図13】



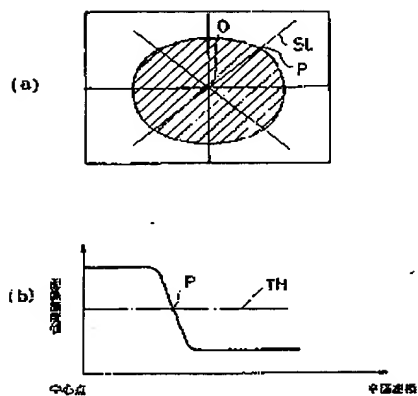
【図14】



(12)

特開平 7-249115

【図 17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>9</sup>

// G 0 1 R 33/54

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7459-5L

G 0 6 F 15/70

3 3 5 2

G 0 1 N 24/02

5 3 0 Y

特開平 7-249115

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 6 部門第 3 区分  
 【発行日】平成 9 年（1997）3 月 28 日

【公開番号】特開平 7-249115  
 【公開日】平成 7 年（1995）9 月 26 日  
 【年道号数】公開特許公報 7-2492  
 【出願番号】特願平 6-65726  
 【国際特許分類第 6 版】

G06T 1/00  
 A61B 5/055  
 G06T 9/20  
 // G01R 33/54

【F I】

G06F 15/62 390 C 8625-5H  
 A61B 5/05 380 7638-2J  
 G06F 15/70 335 Z 9061-5H  
 G01N 24/02 530 Y 9115-2J

【手続補正言】

【提出日】平成 8 年 3 月 5 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、CT (computed tomography)、MRI (Magnetic Resonance imaging)、DSA (Digital Subtraction Angiography)、シンチレーションカメラ、超音波断層画像撮像装置等の医用画像装置に用いられる臓器輪郭の自動抽出方法に係り、特に、臓器を含む対象物断面を時間的に連続して撮像した複数枚の撮像画像それぞれから、関心領域として臓器輪郭を自動的に抽出する技術に関する。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正内容】

【0004】<第 2 従来例>この手法は、特開平 5-317288 号公報に開示されたもので、MRI による心臓撮像画像のように臓器部分と臓器以外の部分との間で画像濃度値の差異が小さい、時間的に連続して得られた複数枚の撮像画像の各画像中の臓器の輪郭点を抽出するのに利用される。まず、第 1 画像の臓器輪郭をオペレータが手入力でなせることによって輪郭線を抽出する。第 2 画像では、第 1 画像の輪郭線との相関演算により輪郭

候補点を抽出する。そして、第 1 画像上の輪郭点と第 2 画像上の輪郭候補点との差が、対象臓器の特性に基づく許容範囲内であるかどうかを判定する。ここで、上記の対象臓器の特性とは、対象臓器が例えば左心室内壁であれば、左心室内壁の運動が拡張収縮が、フレーム間にどのくらい変位するか、誤差はどのくらいか等である。第 2 画像上の輪郭候補点が前記許容範囲内であれば、その輪郭候補点を輪郭点として確定する。許容範囲外であれば、その輪郭候補点を捨てて、その個所の輪郭点を近傍の他の輪郭点から補間により求める。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】第 2 の従来例によれば、濃度勾配の低い撮像画像であっても比較的良好に輪郭点の抽出を行うことを目的としているが、輪郭候補点を確定するにあたり、対象臓器の特性に基づく定量的な許容範囲（一定時間における左心室内壁の変位量、誤差量）を判断基準としているので、次のような問題点が生じる。すなわち、この従来例によれば、抽出した輪郭点の信頼性を高めるためには、対象臓器の特性に基づく定量的な許容範囲を余り広く設定することができず、必然的に、臓器の通常の動きを前提とした比較的狭い許容範囲を定める必要がある。しかし、臓器の動きは個体差が大きく、適切な許容範囲の設定は困難で、また、疾患をもつ被検体の臓器（例えば、左心室内壁）は、必ずしも通常の動きをするものでなく、時として異常な動きをすることがある。このような臓器の異常な動きが撮像されていたとしても、

- 補 1 -

特開平7-249115

この従来例によれば、その臓器の異常個所の輪郭候補点  
が前記許容範囲外であるとして捨てられることにより、  
撮像画像中の臓器の異常な動きを示す、診断上の重要な  
情報が輪郭点の評価過程で失われる危険性がある。ま  
た、捨てられた輪郭候補点に対応する個所の輪郭点は、  
近傍の輪郭点の位置情報を使った補間により求められる  
ので、その個所の輪郭点は実際の撮像画像の濃度分布情  
報を反映しないものになってしまう。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】そして、入力輪郭点がある走査線以外の各  
走査線に沿って画像濃度の変化を調べる。画像濃度が走  
査線上において周囲の点と比べて相対的に大きく変化し  
ている個所に臓器の輪郭が存在する可能性が高いので、  
これらの個所を輪郭候補点として走査線ごとに抽出す  
る。画像濃度の変化が周囲の点と比べて相対的に大きな  
個所は各走査線について必ずしも1個所でないので、輪  
郭候補点は、各走査線について通常、複数個存在する。